

Trabalho de Conclusão de Curso

INERVAÇÃO PULPAR EM DENTES DECÍDUOS: DA ODONTOGÊNESE ATÉ A REABSORÇÃO RADICULAR FISIOLÓGICA – UMA REVISÃO DE LITERATURA

Paula Cristine da Silva



Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Odontologia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Paula Cristine da Silva

**INTERVAÇÃO PULPAR EM DENTES DECÍDUOS: DA ODONTOGÊNESE À
REABSORÇÃO FISIOLÓGICA – UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mabel Mariela Rodriguez Cordeiro

Florianópolis
2017

Paula Cristine da Silva

**INTERVAÇÃO PULPAR EM DENTES DECÍDUOS: DA ODONTOGÊNESE À
REABSORÇÃO FISIOLÓGICA – UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Grau de Cirurgião-Dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 17 de outubro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Mabel Mariela Rodríguez Cordeiro
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Carolina Amália Barcelos Silva
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Ricardo Castilho Garcez
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

**Dedico este trabalho à minha
família que me deu todo
suporte para transformar meu
sonho em realidade.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado até aqui em Sua infinita bondade.

Aos meus pais, Valdemiro e Marilene, pelo amor incondicional, por me ensinarem os princípios da honestidade, lealdade e da bondade, por me ensinarem o valor do trabalho e da dedicação. Pelo exemplo de jamais desistirem em frente às dificuldades, por darem seu melhor em todas as situações e sempre serem gratos. Por toda educação que me deram, por nunca terem deixado faltar o principal em nosso lar: **amor**. Por me ensinarem a ser forte. Pelo suporte para que pudesse perseguir meus sonhos, mesmo que isso significasse adiar os de vocês. Obrigada por todo apoio e conforto nos momentos difíceis, por tantas vezes se privarem para dar a mim e a meus irmãos o melhor. Jamais conseguirei retribuir tudo o que fizeram por mim, mas espero um dia conseguir orgulhá-los da mesma forma que me orgulho de vocês. Tudo isso é por vocês e para vocês!

Aos meus irmãos, Joseane e Carlos, por todo amor, carinho e incentivo, mesmo em meio as diferenças. Agradeço por todas as oportunidades que me concederam, por lutarem e cuidarem de mim. Obrigada por acreditarem em mim e me fazerem acreditar também. Sem o apoio de vocês nada disso teria sido possível.

Aos meus cunhados Aguinaldo e Nanoara, pelo suporte, tanto financeiro quanto emocional, por torcerem pelo meu sucesso, pelo carinho e por me tratarem como verdadeira irmã.

Ao meu amigo Felipe, por todos os dias, noites e madrugadas de estudo, por todas as caronas, todo carinho e paciência comigo. Agradeço até mesmo pelas brigas, que me tornaram um ser humano melhor. Obrigada por todos os bons momentos vividos e sonhos compartilhados durante esses 5 anos, por acreditar e torcer por mim, por estar sempre presente tornando-se meu melhor amigo e meu irmão de coração.

Ao meu amigo André, por todo tempo dedicado a me ouvir, por todo carinho e preocupação comigo, por toda a parceria, mesmo que tenha causado algumas

cicatrizes. Obrigada, por ter tornado meus dias melhores e por ter se tornado meu irmão de coração.

Aos meus amigos Harysonn, Henrique, Otávio e William, por tornarem a trajetória mais leve, mais alegre e mais fácil. Obrigada por toda paciência comigo, pelo apoio nas horas difíceis, por tudo que fizeram por mim. Vou guardar nossas histórias com muito carinho em meu coração.

A minha dupla Jéssica, por todas as horas de clínica compartilhadas, todo suporte e paciência.

A minha orientadora Mabel, pelos ensinamentos, pela confiança e pela dedicação com este trabalho. Agradeço também por ter aberto as portas da anatomia para mim e ter permitido que eu conhecesse um pouco mais dessa pessoa fantástica que ela é, não apenas como profissional, mas também como pessoa. A admiração será eterna.

Aos professores Carolina e Ricardo, por terem participado da minha trajetória na UFSC, como orientadores de monitoria. Obrigada pelas oportunidades, cresci e aprendi muito com elas.

Ao Alfredo, Ziggie, Yoshi, Nina e Pingo, meus *pets*, que embora não possam ler essa dedicatória, merecem ser lembrados por trazerem felicidade, amor e calma à minha vida.

**“Disciplina é a ponte entre
metas e realizações”
(Jim Rohn)**

RESUMO

Embora a importância da manutenção da dentição decídua já esteja bem esclarecida, o desenvolvimento e a presença da inervação na polpa ao longo do ciclo biológico dos dentes decíduos ainda não são bem compreendidos. Soma-se a isso o aumento significativo, que vem acontecendo nos últimos tempos, pela busca de terapias regenerativas, o que vem despertando, um maior interesse para melhor compreender a biologia da polpa dental. A inervação dos dentes está relacionada não somente com a percepção nociceptiva mas, também, com a manutenção da homeostasia do tecido pulpar. O presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a inervação pulpar em dentes decíduos, desde a odontogênese até os processos de reabsorção radicular fisiológica e esfoliação. Para tanto, de modo a analisar e avaliar o conhecimento sobre o tema até o presente momento, esta revisão de literatura incluiu os artigos mais relevantes publicados no período de 1952 a 2017, realizando buscas nas bases de dados PubMed, LILACS e SciELO, bem como em livros acadêmicos. Espera-se, com este estudo, auxiliar na consolidação do conhecimento já existente sobre o tema e pontuar o que ainda não é completamente compreendido, para que estudos futuros possam ser desenvolvidos e, assim, favorecer a comunidade científica e acadêmica, não apenas no que se refere ao conhecimento teórico como também no aperfeiçoamento de aplicações clínicas.

Palavras-chave: Inervação pulpar; dentes decíduos; desenvolvimento nervoso; reabsorção radicular fisiológica.

ABSTRACT

Although the importance of maintaining the primary teeth is already well known, the development and presence of innervation in the pulp through the whole biological cycle of deciduous teeth need to be further understood. Furthermore, there has been a significant increase in regenerative therapies, which has aroused the interest to better understand the biology of the dental pulp. Tooth innervation is related not only to the nociceptive perception but also to the maintenance of the homeostasis of the pulp tissue. Therefore, the objective of this study was to review the literature regarding pulp innervation in deciduous teeth, from odontogenesis to physiological root resorption and exfoliation. In order to achieve that, this study analyzed and evaluated the state of the art about this subject through a literature review comprising the most relevant articles published from 1952 to 2017, searching the PubMed, LILACS and SciELO databases as well as in academic books. It is expected helping to consolidate the existing knowledge on dental pulp innervation of primary teeth and to highlight what is not yet fully understood, so that future studies could be developed and, thus, favor the scientific and academic community, not only regarding to theoretical knowledge as well as in the improvement of clinical applications.

Keywords: Pulpal nerve; primary teeth; nerve development; physiological root resorption

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. METODOLOGIA	17
4. REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1. Inervação pulpar durante o desenvolvimento dental pré-natal.....	20
4.2. Inervação pulpar durante o desenvolvimento dental pós-natal.....	23
4.3. Injúrias ao dente decíduo e a repercussão em sua inervação.....	28
4.4. Inervação pulpar durante a reabsorção radicular fisiológica.....	30
5. DISCUSSÃO.....	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Os dentes são de grande significância para a sobrevivência dos seres humanos. Além de serem fundamentais para a mastigação, participam da fala e contribuem para o charme e beleza dos indivíduos (HILDEBRANDT *et al.*, 1995). Sendo assim, a presença de uma inervação sensorial fornece aos elementos dentais função e uma proteção de extrema importância (FRIED *et al.*, 2000). Tal inervação estimulou, ao longo do século passado, uma extensa investigação (RODD; BOISSONADE, 2001) e surgiram evidências de que os neurônios pulpaes nociceptivos possuem certas propriedades únicas que não são encontradas em neurônios nociceptivos em geral (FRIED *et al.*, 2000).

Atualmente existe grande interesse para esclarecer os mecanismos de inervação da polpa dentária, devido à procura pelo desenvolvimento de terapias pulpaes (RAJAN *et al.*, 2014), uma vez que vários aspectos de importância fundamental clínica e biológica, como o desenvolvimento, o mecanismo exato de sensibilidade dentinária e o papel desempenhado pelas fibras nervosas dentárias em condições de injúria e doença permanecem sem completa elucidação (HILDEBRAND *et al.*, 1995).

O desenvolvimento nervoso pulpar em relação ao desenvolvimento dental tem sido examinado principalmente em humanos, gatos, ratos e camundongos. (HILDEBRANDT *et al.*, 1995), pois os mamíferos possuem em comum o processo de odontogênese (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999). Embora durante as duas últimas décadas as técnicas de biologia molecular permitiram aumentar o conhecimento sobre as interações epitélio-mesenquimais relacionadas ao desenvolvimento do componente nervoso na polpa, ainda pode-se considerar que o conhecimento sobre o assunto é limitado (LUKKO *et al.*, 1997).

Esta revisão de literatura teve por objetivo revisar o que há publicado sobre a inervação pulpar em dentes decíduos, desde a formação do germe dental até o final da reabsorção fisiológica e esfoliação desses elementos dentais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão da literatura sobre a inervação da polpa dental de dentes decíduos, a partir da odontogênese até a rizólise e esfoliação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De acordo com o encontrado na literatura, os objetivos estabelecidos foram:

- Descrever o processo de inervação do tecido pulpar de dentes decíduos durante a odontogênese;
- Descrever o processo de involução da inervação do tecido pulpar de dentes decíduos durante a rizólise e esfoliação desses dentes;
- Avaliar o conhecimento atual sobre a inervação em dentes decíduos e sua aplicação clínica.

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado através de um levantamento bibliográfico de artigos científicos, bem como de livros clássicos, relacionados ao assunto inervação pulpar em dentes decíduos.

Os artigos foram selecionados para a presente revisão da literatura a partir das bases de dados PubMed, LILACS e SciELO, bem como o Google Acadêmico.

Foram utilizados os termos: *development, nerve, pulpal, deciduous tooth, primary tooth, odontogenesis, root resorption* e seus cruzamentos. Na análise das publicações, as informações foram agrupadas de modo a caracterizar os resultados obtidos.

A pesquisa nas bases de dados retornou mais de 100 artigos, dos quais, após remoção das duplicatas, permitiram a seleção inicial de um total de 35 artigos que atendiam especificamente os objetivos deste estudo. Após leitura dos resumos, os mesmos foram incluídos para análise, considerando o período de 1960 a 2017, incluindo pesquisas originais, revisões da literatura e casos clínicos nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola.

Os dados necessários para a realização da revisão da literatura foram obtidos através da leitura dos artigos na íntegra e os dados levantados foram agrupados em subitens com o objetivo de sistematizar os achados.

4 REVISÃO DA LITERATURA

O desenvolvimento dental tem início através de um conjunto complexo de interações entre o epitélio bucal e as células mesenquimais subjacentes que possuem origem na crista neural (KOLLAR; LUMDSEN, 1979; SLACK, J. M., 1993).

Primeiramente, ocorre o espessamento do epitélio bucal em pontos específicos, formando a lâmina dental – tecido que ocupa posição correspondente aos futuros rebordos alveolares maxilar e mandibular. As células da lâmina dental passam a proliferar em direção ao mesênquima subjacente, formando uma estrutura arredondada, o botão. Denominamos essa etapa do desenvolvimento dental de **fase de botão** (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999).

A partir da formação do botão, seu crescimento não se dá de maneira uniforme. Ocorre uma maior proliferação das células na margem do botão, levando à condensação das células ectomesenquimais na base do botão, desenvolvendo uma concavidade na região inferior, como um capuz, dando início à chamada **fase de capuz**, onde ocorre também posterior condensação das células mesenquimais que rodeiam o germe dental. Essas células se alinham e formam uma cápsula, chamada de **folículo dental**, que separa o germe dental do mesênquima adjacente. O folículo dental originará o periodonto de inserção do dente – cemento, ligamento periodontal, osso alveolar. A região interna do capuz passa a se chamar **papila dental**, que dará origem à dentina e à futura polpa dental. Na fase de capuz, os primeiros vasos sanguíneos penetram no folículo dental e essa estrutura passa então a ter uma relevante importância na nutrição do germe dental (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999).

As células continuam a proliferar de maneira mais lenta. A papila dentária se torna mais profunda, dando ao germe dental uma morfologia semelhante a um sino, dando início, assim, à **fase de campânula**. É nessa fase que ocorrem os primeiros sinais de cito e morfodiferenciação das células da papila dentária. Ocorre também o início da fragmentação da lâmina dental e início da **fase de coroa**, onde o germe dental já se encontra “preso” no osso alveolar, separado da lâmina dental (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999).

A deposição das matrizes de esmalte e dentina se dá na fase de coroa, quando as células da papila dentária que estão justapostas ao epitélio interno se diferenciam em odontoblastos, os quais irão produzir matriz dentinária. Essa deposição de matriz

leva à diferenciação das células do epitélio interno em ameloblastos, que produzirão matriz de esmalte (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999).

Conforme a coroa se desenvolve, ocorre a formação do diafragma epitelial, devido à curvatura em 90° da alça cervical. O diafragma epitelial inicia a **fase de raiz** e ele permanece até o final da formação radicular e formará o forame apical. Durante a fase de raiz, as células da bainha epitelial de Hertwig, além de se diferenciarem em odontoblastos, responsáveis por produzir a matriz dentinária radicular, são responsáveis por induzir as células do folículo dental a se diferenciarem em cementoblastos, fibroblastos e osteoblastos (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999).

Os humanos possuem duas dentições: a decídua e a permanente. Os dentes decíduos são substituídos por uma dentição permanente durante o desenvolvimento. Como a maxila e a mandíbula possuem menos espaço durante a fase de crescimento, a dentição decídua é composta de dentes menores em tamanho e quantidade do que a dentição permanente. Numa certa fase de desenvolvimento, as dentições primária e secundária encontram-se em desenvolvimento conjunto, como em uma criança de 6 anos onde, por exemplo, encontramos até 52 dentes e germes dentais (HILDEBRANDT *et al.*, 1995).

As fibras nervosas na polpa medeiam as sensações de dor por estimulação térmica, mecânica, elétrica e química. Além disso, elas regulam o fluxo sanguíneo e estão envolvidos no recrutamento de células imunocompetentes (FRIED *et al.* 2000). A inervação sensorial também é essencial para a prevenção da anquilose dentoalveolar do dente e pode controlar a função odontoblástica (FUJIYAMA *et al.*, 2004).

A inervação sensorial do dente, dada pelo V par craniano, o nervo trigêmeo, também acompanha o processo de odontogênese. Além disso, o dente recebe inervação simpática do gânglio cervical superior (BYERS, 1982). Entretanto, a inervação que interessa a esta revisão é a responsável pela nocicepção, dada pelo nervo trigêmeo.

4.1 A INERVAÇÃO DURANTE O DESENVOLVIMENTO DENTAL PRÉ-NATAL

Em torno de cinco semanas do desenvolvimento embrionário humano, antes de existir evidência histológica de desenvolvimento dental, o nervo maxilar cresce em direção ao processo maxilar e o nervo mandibular em direção ao processo mandibular (PEARSON, 1976).

Durante a odontogênese, os axônios provenientes do gânglio trigeminal crescem em direção à lamina dental à medida que essa sofre um espessamento no ponto de formação do futuro dente (LUKKO *et al.*, 1997).

Mohammed e Atkinson (1983) observaram a odontogênese em embriões de ratos. Foi relatado que no início da fase de botão, os ramos nervosos corriam perpendicularmente do nervo alveolar para o germe dental e aproximavam-se muito, mas não entravam em contato com o botão. No final dessa fase, numerosas fibras nervosas finas estavam presentes na base do que futuramente dará origem papila dental. As fibras foram localizadas logo abaixo da base da papila e estendiam-se por uma curta distância em todas as direções.

Quando o germe dental entra na fase de capuz, ocorre a formação de um plexo nervoso abaixo do mesmo. As fibras nervosas se estendem deste plexo para o folículo dental em desenvolvimento, correndo tangencialmente à base da papila dentária. Os feixes nervosos iniciam a entrada na papila dental apenas após o início da dentinogênese e à medida que a mineralização da coroa avança, o número de fibras nervosas visíveis na papila dental aumenta acentuadamente (MOHAMMED; ATKINSON, 1983).

Apesar da grande quantidade de estudos sobre o tema, ainda não há evidências que comprovem que as fibras nervosas influenciem a odontogênese e/ou o padrão dental em mamíferos. Estudos realizados por Glasstone em 1967, Thesleff em 1976 e por Lumsden e Buchanan em 1986, realizando experiências de recombinação tecidual, mostram que, uma vez iniciada, a morfogênese e a diferenciação dental podem continuar sem a participação do sistema nervoso. Esse achado promoveu a visão de que os axônios trigeminais não influenciam o início do desenvolvimento dental (FRIED *et al.*, 2000). Ainda, sabe-se que a formação das ramificações terminais ocorre durante a vida pós-natal (FRIED *et al.*, 2000).

O estudo realizado por Lumsden e Buchanan, em 1986, removeu germes dentários da mandíbula de camundongos antes da chegada da inervação e excluiu

todos os neurônios que normalmente inervam o tecido e os enxertou nas câmaras oculares anteriores de camundongos adultos homólogos. O resultado demonstrou que a iniciação do germe dentário e a morfogênese ocorrem independentemente da inervação trigeminal. Um fato curioso foi que a ausência da inervação trigeminal resultou em um número médio significativamente maior de dentes formados no enxerto. Os autores consideram que, embora seja possível um efeito inibitório por parte da inervação, é mais provável que a presença dos nervos nos maxilares aumente a competição por espaço.

Zmijewska *et al.*, realizaram um estudo, em 2003, a fim de investigar o desenvolvimento da inervação dental em incisivos decíduos durante o período fetal por meio de imuno-histoquímica. Foram realizadas secções na parte anterior da mandíbula de fetos humanos entre 9 a 39 semanas, que haviam sofrido aborto espontâneo (9 a 22 semanas de vida intrauterina) e natimortos (23 a 39 semanas de vida intrauterina) no Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da Universidade de Ciências Médicas de Poznan (Polônia). Após fixação em formalina, as mandíbulas dos fetos foram cortadas entre os caninos contendo dois, ocasionalmente três e raramente quatro dentes. Foram realizadas e examinadas as imuno-histoquímicas com proteína produto de gene 9.5 (PGP 9.5) e enolase específica de neurônios (NSE), que são utilizadas para marcação de nervos.

Como resultado, esse estudo encontrou que entre a 9ª e a 10ª semanas de desenvolvimento as fibras do nervo alveolar inferior não foram observadas dentro da estrutura da fase de capuz mas puderam ser observadas longe do germe dentário. Já nas 11ª e 12ª semanas puderam ser observadas fibras nervosas finas em paralelo aos vasos sanguíneos no folículo dental, que aumentaram de número entre a 13ª e a 14ª semanas, entretanto, ainda não haviam sido observadas na papila dental, onde perceberam-se fibras indo em sua direção na 15ª semana e, finalmente, na 16ª semana a coloração por PSG 9.5 indicou a presença de fibras nervosas na papila dental. Na 16ª semana ocorre a separação do órgão do esmalte da lâmina dental e também ocorre uma fina deposição de dentina e esmalte. Já na 18ª semana foi possível observar as fibras adentrando a papila não mais que 1/3 da sua altura, e nas 19ª e 20ª semanas o número de fibras dentro da papila aumentou significativamente, porém em maior número na sua parte basal, não alcançando ainda a camada subodontoblástica (ZMIJEWSKA *et al.*, 2003).

O progresso na formação da coroa foi associado a um desenvolvimento significativo na inervação dentária. Na 21ª semana, uma fibra nervosa individual foi detectada na proximidade da camada subodontoblástica, mas as fibras não puderam ser demonstradas dentro da própria camada até a 24ª semana. O número rapidamente crescente de fibras nervosas resultou na formação de feixes neuro-vasculares que atravessaram a papila dental. Foi possível notar um padrão regular de desenvolvimento nervoso: uma fibra nervosa inicial "pioneira" cresceu ao longo dos vasos desenvolvidos da papila dental e atingiu a camada subodontoblástica, desenvolvendo-se no topo da futura coroa dentária, em que a deposição de tecido duro já havia começado. Esta fibra "pioneira" foi unida por fibras adicionais, formando gradualmente um feixe neuro-vascular cada vez mais espesso. Nessa fase as fibras nervosas do feixe começaram a se ramificar, processo que começou próximo ao ápice da futura coroa, no momento em que a camada de tecidos duros já havia sido depositada (ZMIJEWSKA *et al.*, 2003).

Entre a 25ª e a 28ª semanas ocorreu a ramificação do feixe do nervo principal na papila, cujos ramos não seguiam o curso dos vasos e se espalhavam em forma de ventilador, atingindo a camada subodontoblástica e acompanhando a morfogênese progressiva da coroa. Entre a 29ª e a 32ª semanas, a ramificação foi delimitada pela presença de tecido já mineralizado, prosseguindo assim até a 36ª semana. Por fim, entre as semanas 37-40 a coroa do dente atingiu aproximadamente 3/4 de sua forma final. As fibras nervosas, espalhando-se no padrão de arborização dos principais troncos nervosos do feixe neuro-vascular, podiam ser observadas por toda a papila dentária sendo que uma única fibra nervosa foi detectada na proximidade da camada de odontoblastos. No entanto, não houve sinais de plexo subodontoblástico ou presença de fibras nervosas nos túbulos dentinários. (ZMIJEWSKA *et al.*, 2003)

4.2 INERVAÇÃO DURANTE O DESENVOLVIMENTO DENTAL PÓS-NATAL

A caracterização anatômica cuidadosa da inervação dentária, desde a sua entrada no forame apical até a sua arborização final, incluindo os contatos funcionais com odontoblastos, parece ter uma importância crítica na avaliação das capacidades e limites do aparelho neurofisiológico dental. (SALZEBERG, 1985, p. 597)

A inervação da polpa dental inclui neurônios aferentes, que conduzem impulsos sensoriais e também fibras autonômicas, que fornecem principalmente modulação neurogênica do fluxo sanguíneo no tecido. Histologicamente, as fibras nervosas presentes têm sido identificadas como mielinizadas (fibras A) e não-mielinizadas (fibras C). Os axônios mielinizados possuem uma função sensorial de dor. As fibras nervosas não-mielinizadas incluem axônios sensoriais de dor, de origem trigeminal, e fibras autonômicas, com origem no gânglio cervical superior (TOWBRIDGE, 1983).

As fibras nervosas mielinizadas não atingem seu número máximo até o ápice do dente se aproximar da conclusão do desenvolvimento da raiz, enquanto as fibras nervosas não-mielinizadas se aproximam do seu número máximo logo após o início da erupção dental (JOHNSEN *et al.*, 1983). Por esse fato, podemos dizer que o dente, em comparação com outros órgãos sensoriais, possui desenvolvimento relativamente tardio. Por exemplo, a visão e o olfato possuem desenvolvimento quase inteiramente pré-natal. Além disso, o dente se torna funcional antes de ter seu desenvolvimento neural concluído (JOHNSEN, 1985).

Dentes recém-irrompidos e com rizogênese incompleta possuem menos sensibilidade à estimulação elétrica e térmica devido à sua menor inervação (BERNICK, S., 1952; JOHNSEN *et al.*, 1983; BYERS, M.R., 1984). Ao observar molares de ratos, a sensibilidade cresce conforme ocorre o fechamento do ápice radicular e o aumento da densidade da inervação dentinária, o que demonstra que o desenvolvimento da inervação pulpar e dentinária está estreitamente relacionado com o desenvolvimento dental. Assim, a formação de uma inervação sensorial é mais rápida em dentes decíduos que se desenvolvem e irrompem mais rápido, do que nos dentes permanentes (HILDEBRAND *et al.*, 1995).

As fibras nervosas, tanto mielinizadas quanto não-mielinizadas, se misturam e se alinham em paralelo na polpa e entram no dente através do forame apical. Algumas fibras podem entrar através de canais acessórios (JOHNSEN, D.C., 1985). A medida

que avançam para a fronteira polpa-dentina, os feixes nervosos divergem em leque na polpa coronária, formando agrupamentos de fibras cada vez menores conforme a dentina se aproxima. Essa rota é linear até o momento em que uma rede se forma – o plexo de Rashkow, cuja densidade varia em dentes de mesma idade e de uma região para outra em um mesmo dente (GUNJI, 1982 APUD JOHNSEN, D.C. 1985). Esse plexo, localizado ao longo da periferia da câmara pulpar adjacente à zona rica em células, é constituído por fibras tanto mielinizadas como não mielinizadas (RAPP *et al.*, 1967)

Rapp *et al.* (1967) analisaram 75 dentes decíduos humanos, em estágio de formação radicular incompleta, completa e em reabsorção fisiológica. Encontraram muitos feixes nervosos dentro do canal radicular independentemente dos vasos, enquanto outros foram encontrados em estreita associação com os vasos sanguíneos. Também foi observado que algumas fibras únicas, não mielinizadas, originam-se do plexo de Rashkow e passam pela zona rica em células e zona livre de células (Zona de Weil) para terminar entre os odontoblastos. Não foram observadas terminações ou anexos especiais entre as fibras nervosas e os odontoblastos. Nesse estudo, não foram observados feixes nervosos penetrando na predentina ou na dentina. Para ele, o padrão de distribuição dos elementos neurais na formação e conclusão dos dentes decíduos pareceu ser muito semelhante ao dos dentes permanentes jovens. Porém, nos dentes decíduos, o plexo de Rachkow não apresentou uma rede densa de fibras mielinizadas como se observa nos dentes permanentes. Além disso, menos fibras ultrapassam a zona rica em células se comparado aos dentes permanentes. No entendimento do autor, esta redução na inervação é possivelmente a razão de os dentes decíduos serem menos sensíveis aos procedimentos do que os dentes permanentes.

Johnsen e Karlsson, em 1974, buscaram comparar adequadamente a inervação entre dentes decíduos e permanentes, devido justamente às observações clínicas que apontam reações diferentes entre dentes decíduos e permanentes quando estimulados. Nesse estudo, foram utilizados nove incisivos centrais inferiores decíduos de gatos, com idade entre 5 e 8 semanas, e três incisivos centrais inferiores permanentes de dois gatos com 2 anos de idade, todos hígidos. Após processo específico de fixação, foram submetidos a microscopia eletrônica, onde foi concluído que algumas características nervosas parecem ser semelhantes em dentes decíduos e permanentes de gatos, como índices de inervação e circunferência de axônios

mielinizados. Entretanto, algumas diferenças também foram percebidas, como presença de axônios menores em dentes decíduos, além de mais axônios não-mielinizados e axônios mielinizados que tendem a ter uma forma mais arredondada em comparação com a inervação de dentes permanentes.

Itoh realizou um estudo, em 1976, também com a finalidade de comparar a inervação entre elementos dentais decíduos e permanentes. Ele utilizou dentes permanentes humanos livres de cárie obtidos de pessoas entre 10 e 16 anos e dentes decíduos, também hígidos e com raízes íntegras ou com reabsorção discreta. Os dentes sofreram fixação específica e foram analisados por microscopia eletrônica. Além dos achados relatados por Rapp *et al.* (1967), já mencionados, o autor observou em dentes decíduos e permanentes que os principais feixes de fibras nervosas na porção apical da polpa radicular ocorreram na polpa axial, enquanto que os feixes de fibras e fibras simples na área periférica eram pequenos em número. Os feixes de fibras nervosas periféricas, no entanto, aproximaram-se da porção cervical da polpa, ramificaram-se e passaram mais perifericamente, parcialmente alcançando a camada subodontoblástica.

Ainda como resultado desse estudo, quanto à distribuição de fibras nervosas na polpa, não houve diferença fundamental entre os dentes decíduos e permanentes. O estudo indicou que o plexo nervoso subodontoblástico estava situado dentro ou abaixo da zona rica em células e, às vezes, na zona livre de células em dentes decíduos e permanentes. As fibras nervosas que compõem este plexo foram dispostas em forma de rede ou de leque na porção de corno pulpar, enquanto na porção coronal localizavam-se de maneira bastante paralela à camada de odontoblastos (ITOH, 1976).

Esse estudo descreveu, ainda, a formação do plexo nervoso subodontoblástico, tanto nos dentes decíduos quanto nos dentes permanentes, distribuição de fibras nervosas na camada odontoblástica e ocorrência do plexo nervoso marginal. Nos dentes decíduos, as fibras nervosas em ambos os plexos nervosos são marcadamente menores em quantidade comparado aos dentes permanentes. O plexo nervoso subodontoblástico era bastante rudimentar e o plexo marginal raramente observado. Além disso, as fibras nervosas na camada odontoblástica são menores do que as dos dentes permanentes. O achado histológico parece corresponder ao conhecimento clínico, indicando que os dentes decíduos são menos sensíveis do que seus sucessores permanentes (ITOH, 1976).

Jhonsen e Johns em 1978, publicaram um trabalho onde buscaram quantificar as fibras mielinizadas e não mielinizadas em dentes decíduos e permanentes humanos. Eles utilizaram 12 caninos e três incisivos decíduos sem evidência de reabsorção radicular, três caninos e um incisivo decíduos com os ápices reabsorvidos, mas com pelo menos dois terços da raiz presente, um canino decíduo com aproximadamente metade da raiz reabsorvida, 13 caninos e sete incisivos permanentes com pelo menos dois terços do suporte ósseo presente. Todos os elementos dentais estavam livres de cárie e foram analisados em microscopia eletrônica.

Esse estudo mostrou que os dentes decíduos e permanentes apresentaram feixes de fibras nervosas mielinizadas bem definidas. A maioria das fibras nervosas não-mielinizadas estava adjacente às fibras nervosas mielinizadas, mas algumas fibras não-mielinizadas isoladas estavam presentes em cada dente. Não foram encontradas diferenças qualitativas ou quantitativas significativas entre dentes superiores e inferiores de ambas as dentições, assim como não foram encontradas diferenças com relação à idade ou ao sexo. Quanto às fibras mielinizadas, notou-se que estavam presentes em maior número nos caninos decíduos com raiz totalmente desenvolvida que nos caninos permanentes, caninos com raízes reabsorvidas e, ainda, mais que nos incisivos decíduos. Os incisivos permanentes apresentaram, significativamente, mais axônios mielinizados que os incisivos decíduos, porém a circunferência desses foi semelhante em ambas as dentições. Já quanto às fibras não mielinizadas, não foram encontradas diferenças ou tendências significativas entre o número de axônios não-mielinizados entre elementos dentais decíduos e permanentes. Todos os dentes apresentaram mais fibras não-mielinizadas do que fibras nervosas mielinizadas. Além disso, foi observado que os dentes decíduos tendem a formar agrupamentos axônicos maiores que os dentes permanentes, sendo quatro axônios o tamanho do grupo axônico mais comum. Quanto aos dentes com reabsorção fisiológica, a degeneração neural foi observada em apenas cinco axônios mielinizados de dentes decíduos (JHONSEN; JOHNS, 1978).

A extensão da inervação dentro da polpa e a existência de inervação na dentina foram muito estudadas e discutidas, porém sem consenso, tanto em dentes decíduos quanto em permanentes (EGAN *et al.*, 1996).

Egan *et al.* (1996) realizaram um estudo imuno-histoquímico para evidenciar a inervação dentinária em dentes decíduos. Foram utilizados oito dentes decíduos livres

de cárie totalmente erupcionados e com reabsorção radicular mínima. Os dentes foram extraídos sob anestesia local ou geral por razões ortodônticas e consistiram em três molares, quatro caninos e um incisivo. Imediatamente após a extração, os dentes foram divididos transversalmente. Eles utilizaram anticorpos para o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP), presente em neurônios, para investigar a inervação em dentina.

Como resultado desse estudo, a distribuição de fibras nervosas dentro da polpa estavam em geral de acordo com as observações de Rapp *et al.* (1967). Algumas terminações nervosas foram observadas na dentina sobre os cornos pulpaes, mas a densidade da inervação pareceu ser menor do que foi encontrado em dentes permanentes em outros estudos. Além disso, esse estudo demonstrou uma maior concentração de inervação dentinária na região cervical da coroa, em dentes decíduos. Isso se correlaciona com a observação comum de que a área cervical provoca mais dor durante procedimentos invasivos sem anestesia do que outras partes da coroa. Entretanto, difere da dentição permanente, onde a maior área de concentração de inervação dentinária coronal está na região dos divertículos (EGAN *et al.*, 1996).

Ainda, foi demonstrado que a dentina dos dentes decíduos é innervada, inclusive, na sua porção radicular. Os autores reforçam, porém, a necessidade de mais estudos e com diferentes técnicas de marcação para confirmar a inervação dentinária em dentes decíduos e também em permanentes, visto que as densidades diferem muito entre os estudos realizados até o momento (EGAN *et al.*, 1996).

Rodd e Boissonade, em 2003, exploraram as relações anatômicas entre nervos e vasos sanguíneos dentro da polpa de dentes decíduos e permanentes. Os autores utilizaram 60 segundos molares inferiores decíduos (sem indício de reabsorção radicular) e 60 primeiros molares inferiores permanentes. As secções de polpa congeladas foram marcadas com diversos marcadores neuronais e com marcador de endotélio de vasos. Após análise em microscopia de fluorescência, os resultados desse estudo demonstraram uma estreita relação espacial evidente entre as fibras nervosas e as arteríolas na região média das polpas coronais em dentes decíduos e permanentes. Em outras regiões essa relação não foi tão evidente, tampouco observaram relação com capilares pulpaes. Não houve diferenças estatísticas entre a inervação em vasos entre elementos decíduos e permanentes. A regulação do fluxo

sanguíneo, que parece se dar por fibras nervosas autonômicas, é crítica para a sobrevivência da polpa após lesões dentárias e inflamação pulpar subsequente.

4.3 INJÚRIAS AO DENTE DECÍDUO E REPERCUSSÃO EM SUA INERVAÇÃO

As condições pulpares frente a estímulos patológicos são mais estudadas em dentes permanentes. Sabe-se que, frente a injúrias, ocorrem alterações degenerativas dos elementos celulares da polpa, bem como irregularidades acompanhadas de edema e infiltração de células inflamatórias, predominantemente linfócitos e células plasmáticas. Foi demonstrado que a alteração do tecido nervoso da polpa era menos pronunciada que a dos elementos celulares (TORNECK, 1974).

Plackova (1966) analisou 80 dentes permanentes bicuspídeos cariados, restaurados ou não, extraídos por razões ortodônticas. Os cortes histológicos foram preparados a partir de cortes congelados descalcificados com EDTA e impregnados seguindo metodologia específica. Em análise microscópica, os feixes nervosos principais perto das regiões com alterações inflamatórias não estavam compactos. As ramificações próximas à lesão inflamatória foram mais numerosas e se espalhavam irregularmente em todas as direções. Algumas das fibras extremamente finas apresentaram-se enroladas. Foram observados sinais de fragmentação, frequentemente quando as alterações na polpa eram intensas (extensas infiltrações inflamatórias ou abscessos) e, além da ramificação excessiva irregular, observou-se espessamento irregular e grosseiro de fibras nervosas e deslocamento para a periferia da polpa atrofiada. Os sinais de espessamento e degeneração são comuns em fibras nervosas lesionadas. A ramificação e arborização são uma tentativa de regeneração, também comum às demais fibras nervosas do corpo.

O estudo realizado por Rodd e Boissonade (2001) para investigar o efeito da cárie e consequente inflamação pulpar na morfologia do nervo pulpar abrangeu tanto dentes permanentes quanto decíduos, visto que relativamente poucos estudos haviam realmente investigado o relacionamento da doença cárie com alterações nos nervos pulpares humanos. Os autores investigaram a distribuição de nervos pulpares nos dentes humanos com o uso de anticorpo para produto de gene de proteína 9.5 (PGP 9.5) e também compararam a inervação pulpar entre dentes decíduos e permanentes, tanto na saúde quanto na doença, e buscar uma correlação entre a densidade neural dos dentes cariados e o histórico de dor relatado.

Para esse estudo foram utilizados 60 segundos molares inferiores decíduos e 60 primeiros molares inferiores permanentes que foram obtidos de crianças com indicação para exodontia. Antes das cirurgias, a criança e seu tutor foram entrevistados quanto a história de dor, que era registrada como positiva quando a criança relatava dor dental espontânea nos últimos dias ou quando o responsável declarava que a criança havia tido sono e alimentação alterados, atribuível a dor dental, na última semana. Os dentes foram excluídos do estudo se houvesse qualquer patologia associada, além da cárie, e também nenhum dente com evidência de reabsorção radicular fisiológica foi selecionado. Os dentes foram preparados para imuno-histoquímica e analisados em microscópio de fluorescência (RODD; BOISSONADE, 2001).

Como resultado desse estudo, em ambas as dentições, os cornos pulpaes eram as regiões mais densamente inervadas, mas as fibras nervosas pareciam um pouco mais abundantes nos dentes permanentes. Ao longo da polpa coronal, o plexo subodontoblástico apareceu mais denso nos dentes permanentes em comparação aos dentes decíduos. Ambas as dentições apresentaram numerosas fibras PGP 9.5 imunorreativas que se estendiam em direção à camada odontoblástica. A diferença mais acentuada entre as dentições foi observada na região média da coroa onde, nos dentes permanentes, dois ou três troncos nervosos muito grandes foram vistos passando pelo estroma da polpa, enquanto que nos dentes decíduos, troncos nervosos menores, porém mais numerosos, se mostraram mais evidentes (RODD; BOISSONADE, 2001).

Ainda como resultado desse estudo, em ambas as dentições, a densidade neural pareceu aumentar acentuadamente ao longo dos cornos pulpaes com a progressão da cárie, apresentando tanto arborização extensa quanto espessamento de pequenos feixes nervosos para formar bandas de tecido neural. Os abscessos intrapulpaes, quando presentes, foram vistos cercados por fibras PGP 9.5 imunoreativas, no entanto, em algumas amostras cariosas sem a presença de abscesso, a densidade de inervação pareceu ser reduzida, com as fibras PGP 9.5 imunorreativas aparecendo mais esparsas e fragmentadas. Além disso, nenhuma mudança estrutural óbvia foi evidente dentro dos grandes troncos nervosos que percorreram a região da coroa central de qualquer dentição (RODD; BOISSONADE, 2001).

É provável que, além da profundidade da cárie, a atividade e a patogenicidade da lesão também tenham influenciado o grau de germinação neural, porém o autor

ressalta que esses fatores não puderam ser avaliados pelo estudo. Segundo ele, aparentemente, o aumento da densidade neural no corno pulpar se deu devido ao surgimento de terminações nervosas e não a um aumento no número de axônios adentrando o dente, uma vez que não houve mudanças aparentes dos troncos nervosos principais que passam através da polpa coronal (RODD; BOISSONADE, 2001).

Além dos achados quanto à resposta neural frente à cárie, esse estudo mostrou claramente que existem diferenças quantitativas na distribuição do nervo na porção coronal entre as dentições, com dentes permanentes demonstrando uma maior densidade de inervação em todas as regiões investigadas. Estudos fisiológicos precoces apoiam o conceito de que a sensação está relacionada aos números e tipos de fibras nervosas associadas. Assim, a aparente maior sensibilidade dos dentes permanentes pode em parte ser explicada pela sua inervação mais densa. Uma limitação desse estudo foi que não foram obtidos dados específicos sobre fibras mielinizadas ou não, autonômicas ou sensoriais (RODD; BOISSONADE, 2001). Entretanto, os achados foram consistentes com estudos descritivos anteriores (PLACKOVA, A., 1966; TORNECK, C., 1977).

4.4 INERVAÇÃO DURANTE A ESFOLIAÇÃO

A reabsorção radicular fisiológica dos dentes decíduos humanos é um processo de reabsorção odontoclástica que reduz progressivamente o tecido radicular e dentário antes da esfoliação, permitindo a substituição dos dentes decíduos por dentes permanentes (MOORREES *et al.*, 1963). Geralmente, a reabsorção radicular em dentes decíduos começa logo após a conclusão da formação da raiz (BERNICK, 1952). A reabsorção radicular é estimulada pela erupção do sucessor permanente, sendo assim, a ausência do germe dental permanente leva à permanência indeterminada do elemento decíduo (HILDEBRANDT *et al.*, 1995).

A anatomia e o desenvolvimento dos axônios pulpaes é semelhante entre dentes decíduos e permanentes, até o momento em que se inicia a reabsorção fisiológica dos dentes decíduos, pois a mudança da dentição primária para a permanente é acompanhada por remodelação e crescimento dos nervos pulpaes (HILDEBRANDT *et al.*, 1995).

Rapp *et al.*, em 1967, realizaram um estudo, já mencionado nesta revisão, onde analisaram 75 dentes decíduos, em estágio de formação radicular incompleta, completa e em reabsorção fisiológica. Os autores observaram que os dentes em início de reabsorção radicular apresentaram poucas ou nenhuma alteração no padrão de distribuição neural. Quando presente, a degeneração se deu em forma de vacúolos ou varicosidades. Esse mesmo padrão de degeneração foi fortemente observado nos dentes que apresentavam metade da dentina radicular já reabsorvida. Ainda, esses elementos apresentaram fragmentação de algumas fibras nervosas, bem como uma diminuição geral da quantidade total de tecido neural presente no dente.

Também nesse estudo foi observado que, com a progressão da reabsorção radicular, alguns dentes apresentaram degeneração neural também em progressão. Dentes com apenas a dentina da coroa restante exibem um variado padrão de inervação do tecido pulpar. Em alguns casos, um tronco nervoso persiste, porém há perda de continuidade das fibras. O número de fibras individuais dentro do tronco pareceu diminuir em alguns casos, quando comparado aos observados antes do início da reabsorção radicular. Em outros dentes, são observadas fibras nervosas ocasionais ou grupos de fibras ou os restos de um plexo parietal de nervos. Por outro lado, alguns dentes com reabsorção completa mostraram uma ausência completa de inervação (RAPP *et al.*, 1967).

Outro resultado interessante desse estudo foi que, como a reabsorção da raiz frequentemente começa nas laterais radiculares e não no final apical, sinais de inflamação foram visíveis dentro do tecido pulpar oposto ao local de reabsorção. Os nervos que passam por esta área persistem, apesar do processo de reabsorção e inflamação. Os dentes com raízes quase completamente reabsorvidas apresentam sinais similares de inflamação na polpa (RAPP *et al.*, 1967).

Ainda, em dentes em estágio avançado de reabsorção radicular, o caráter das células pulpares parece mudar à medida que a reabsorção avança, tornando-se mais separadas ou diminuídas em número e assumem uma aparência embrionária, assim como a aparência geral da polpa. Células gigantes multinucleadas foram frequentemente observadas ao longo da borda dentinária dos dentes (RAPP *et al.*, 1967).

Karlsson, Johnsen e Herman, em 1974, observaram, em microscopia eletrônica, as alterações degenerativas neurais em incisivos decíduos de gatos com reabsorção fisiológica, com o objetivo de descrever as alterações estruturais do nervo pulpar

quando apenas sinais mínimos de reabsorção radicular eram evidentes e estimar se alguma estrutura nervosa havia mudado. Para isso, eles compararam os nervos pulpares em incisivos decíduos felinos com reabsorção fisiológica com aqueles em incisivos decíduos com a raiz completa. Foram utilizados quatro gatos de 5 a 6 semanas para obter quatro incisivos centrais decíduos totalmente desenvolvidos e sem sinais de reabsorção radicular fisiológica. Cinco dentes com sinais de reabsorção foram obtidos de três gatos de 7 a 8 semanas de idade. Os gatos tiveram a mandíbula radiografada para garantir o estágio de desenvolvimento.

Foi observado que os dentes dos gatos mais velhos apresentaram reabsorção radicular na superfície lingual, logo acima do ápice. O mesmo ocorre em dentes decíduos humanos em seu estágio inicial de reabsorção. A reabsorção não envolveu o ápice nem se estendeu até a polpa. Como resultado, as polpas dos dois grupos, de deciduos reabsorvidos e não reabsorvidos, mostraram semelhança e a organização nervosa coincide com o apresentado em outros estudos, com fibras nervosas mielinizadas localizadas centralmente em aglomerados entre vasos maiores. As fibras nervosas não mielinizadas foram encontradas em toda a polpa. Não foi possível estabelecer diferença estatística no número total de axônios nos dois grupos (KARLSSON; JOHNSEN; HERMAN, 1974).

Ainda como resultado desse estudo, as fibras mielinizadas apresentaram diferenças estruturais nos elementos com reabsorção radicular inicial, quando comparadas com os dentes mais novos. Uma das alterações, foi a observação de grânulos pequenos eletrodensos e de forma irregular na periferia do axoplasma. A segunda alteração compreendeu corpos eletrodensos maiores, de vários tamanhos e formas na área interna do mesaxônio, a zona de comunicação entre a célula de Schwann e o axônio. Ambas as mudanças ocorreram na mesma fibra do nervo, mas na maioria das vezes, apenas uma das duas características estava presente. A terceira alteração, encontrada apenas em um axônio dos dentes com reabsorção, consistia em um envólucro compacto de material semelhante a mielina, cercado por uma lamela citológica. Foi a única alteração na qual uma fibra nervosa completamente desfigurada foi encontrada. Já entre as fibras não mielinizadas não foram observadas diferenças entre os grupos. Esses achados indicam que as alterações degenerativas nas fibras nervosas mielinizadas ocorrem no início do processo de reabsorção radicular e que o processo de degeneração do nervo pulpar é semelhante ao processo de degeneração Walleriana (KARLSSON; JOHNSEN; HERMAN, 1974).

O processo de degeneração Walleriana é um processo ativo sincronizado, onde os axônios sofrem degeneração progressiva e perda da bainha de mielina. Fragmentos de neurofilamentos, gerados durante os estágios iniciais da degeneração Walleriana, são acumulados em fragmentos em forma de vacúolos que crescem dentro de feixes de fibras nervosas durante a progressão da reabsorção radicular fisiológica, antes da esfoliação do dente decíduo (SUZUKI *et al.*, 2015).

A fragmentação dos neurofilamentos associados à degradação da mielina e à perda progressiva dos axônios pode levar à redução da função sensorial da polpa dentária nos estágios pré-esfoliativos (SUZUKI *et al.*, 2015).

Em 1981, Fried e Hildebrandt, com o objetivo de analisar o ciclo biológico dos axônios em dentes decíduos, observaram em microscopia eletrônica os dentes de 56 gatos em período fetal e pós-natal, variando de 25 dias após a concepção até 120 dias após o nascimento. Foram analisados, no total, 180 incisivos inferiores. Os resultados obtidos, quanto às modificações pulpares durante a reabsorção radicular fisiológica foram os seguintes: odontoblastos foram substituídos por odontoclastos. O número de macrófagos pareceu estar aumentado e leucócitos e eritrócitos extravasculares também foram observados. Essas modificações foram observadas em gatos com três meses de vida, quando a reabsorção radicular tem início nesses animais.

No quarto mês, com a progressão rápida da reabsorção, os autores puderam observar uma desorganização generalizada da polpa. Em todo o espaço pulpar, foram observadas numerosas células degeneradas, a maioria destas pareceu ser fibroblastos, mas macrófagos, granulócitos e células plasmáticas também estavam presentes em conjunto com numerosos eritrócitos extravasculares. As fibras de colágeno foram gradualmente substituídas por um material floculante. Os vasos sanguíneos apresentaram alterações endoteliais e dissolução da membrana basal. Embora a extensão dessas mudanças variasse entre gatos semelhantes e entre dentes adjacentes no mesmo animal, eles pareciam progredir com o tempo.

Quanto às fibras nervosas, os resultados desse estudo mostraram que, no terceiro mês, estiveram presentes na maioria das polpas vários axônios não mielinizados que se apresentavam distendidos e que não possuíam microtúbulos e neurofilamentos. Alguns axônios não-mielinizados pareciam ter se desintegrado, deixando bolsas de células de Schwann, em grande parte vazios. Outros axônios não-mielinizados e mielinizados apareceram estritamente intactos. Em raras ocasiões, os

axônios mielinizados apresentavam perda de organelas ou continham uma quantidade aumentada de mitocôndrias e corpos lamelados, mas nenhuma mudança óbvia foi observada nas bainhas de mielina e nas células de Schwann (FRIED; HILDEBRANDT 1981).

Já no quarto mês, com a progressão da reabsorção radicular, esse estudo demonstrou que a maioria dos axônios não mielinizados apresentou mudanças semelhantes ao do terceiro mês, embora alguns permanecessem intactos. Além disso, várias células de Schwann associadas a axônios não mielinizados apresentaram maior densidade citoplasmática e nuclear. Quanto aos axônios mielinizados, uma proporção crescente mostrou sinais de degeneração. Alguns axônios mielinizados afetados mostraram perda de microtúbulos e neurofilamentos, mas a unidade de células e mielina de Schwann apareceu intacta, como observado em secções isoladas. Em outros casos, o axônio era extremamente denso ou tinha desaparecido, e a unidade de células e mielina de Schwann havia entrado em colapso. Nos casos mais severamente alterados, o citoplasma da célula de Schwann era muito denso e continha vacúolos além do núcleo apresentar cariorrexe. As entidades que lembraram os perfis de células de Schwann e/ou os que pareciam ser detritos de mielina estavam intimamente associadas aos macrófagos (FRIED; HILDEBRANDT 1981).

Segundo Fried e Hildebrandt (1981), de acordo com o estudo, parece possível que a degeneração do axônio pulpar possa estar relacionada ao desaparecimento precoce dos odontoblastos, pois muitos axônios pulpares estão intimamente associados a eles. Se os axônios pulpares dependem de alguma influência trófica de odontoblastos, uma retirada pode provocar degeneração axônica.

Em 1950, Miohiuddin *et al.*, em estudos histológicos, haviam demonstrado ramificação neural perto das raízes dos dentes decíduos e seus sucessores permanentes, imediatamente antes da esfoliação do elemento decíduo.

Brenan *et al.*, em 1986, realizaram um estudo que revelou ser possível que os axônios que sofrem o processo de degeneração no dente decíduo emitam ramos para o seu sucessor permanente, intervindo ambos simultaneamente e temporariamente. Com base em estudos anteriores, eles utilizaram gatos entre 8 e 23 semanas de idade para investigar a possível ramificação de axônios de dentes decíduos para seu sucessor permanente.

Nesse estudo foram utilizados 13 gatos que foram anestesiados com pentobarbitona sódica de acordo com seu peso e instruções adequadas e de forma a manter os reflexos de flexão. A cabeça do animal era estabilizada. O estudo foi realizado nos caninos superiores pois em gatos, os caninos permanentes superiores se desenvolvem mesialmente aos seus antecessores decíduos e são, portanto, mais acessíveis do que os caninos inferiores, que se desenvolvem lingualmente aos caninos decíduos. Em todos os gatos os caninos decíduos estavam completamente irrompidos, enquanto os caninos permanentes encontravam-se formados e intraósseos. Foi realizada uma janela na mucosa, osso e folículo dental, a fim de expor a coroa do canino permanente. Os elementos dentais foram isolados a fim de não permitir interferências no estímulo que seria empregado e os eletrodos devidamente posicionados, tanto no canino decíduo quanto no canino permanente (BRENAN *et al.*, 1986).

Ainda, eletrodos Ag/AgCl foram utilizados para a estimulação elétrica de nervos pulpaes no dente decíduo, para registrar potenciais de ação compostos desses nervos e também para registrar potenciais de ação unitários a partir dos nervos durante a estimulação mecânica ou química da dentina do dente decíduo, bem como no dente permanente. Foram aplicados aos dentes estímulos não superiores a 1 mA/ 1,0 ms. Em algumas preparações, nas quais os eletrodos foram conectados satisfatoriamente em caninos decíduos e permanentes, mas não se obteve evidência de axônios ramificados, a evidência de que as polpas dos dentes continham nervos funcionais foi procurada. O teste tinha por objetivo verificar se ao estimular o dente decíduo era possível registrar o estímulo a partir de seu sucessor permanente (BRENAN *et al.*, 1986).

Os resultados desse estudo forneceram fortes evidências de que os dentes decíduos e caninos permanentes do gato, em um estágio crítico entre 17 e 20 semanas de idade, são inervados por ramos dos mesmos axônios. Os resultados são consistentes com um padrão de desenvolvimento em que os dentes permanentes vêm a ser fornecidos por nervos que originalmente forneceram seus antecessores decíduos. Os experimentos não excluíram a possibilidade de que alguns novos nervos cresçam para suprir os dentes permanentes em desenvolvimento, ou que alguns nervos que fornecem dentes decíduos degenerem ou inervem outros tecidos adjacentes quando os dentes decíduos são perdidos (BRENAN *et al.*, 1986).

Foster e Robinson, em 1993, publicaram um artigo que demonstrou a ramificação de nervos em dentes decíduos para seus adjacentes. O estudo foi realizado em furões e seguiu a linha metodológica de Brenan *et al.*, (1986), utilizando eletrodos Ag/Al. Nesse estudo, os dentes superiores anteriores possuíam mais axônios ramificados entre adjacentes e nos inferiores foram mais encontrados entre pré-molares. Em 1994, Foster e Robinson publicaram um novo estudo, também em furões e seguindo a metodologia anterior, onde ficou demonstrado que haviam ramificações nervosas de dentes decíduos para supranumerários.

Monteiro *et al.* (2009) buscaram encontrar as modificações que ocorrem na polpa durante a reabsorção radicular fisiológica através de análise imuno-histoquímica. Eles utilizaram 64 molares decíduos superiores e inferiores, obtidos de crianças com extração indicada e livres de cárie. Os dentes foram divididos de acordo com o estágio da reabsorção radicular em três grupos: elementos com reabsorção fisiológica envolvendo menos de um terço, um terço a dois terços e mais de dois terços do comprimento da raiz. As amostras após corte e fixação específica, foram processadas para imunofluorescência indireta utilizando combinações de PGP 9.5 (um marcador neuronal geral, já mencionado nesta revisão), antígeno comum leucocitário CD45 (um marcador celular geral) e lectina de *Ulex europaeus* (um marcador de endotélio vascular).

Como resultado, após análise microscópica, com a marcação por PGP 9.5, esse estudo mostrou concordância com estudos anteriores em que a região mais densamente inervada se encontra no corno pulpar, com extremidades livres que se projetam para a junção polpa-dentinária. Um plexo subodontoblástico bem definido foi observado em torno da periferia da polpa, e os troncos nervosos de pequeno e médio porte (muitas vezes em associação com um vaso sanguíneo) estavam presentes na região média da coroa. No entanto, observou-se uma variação acentuada no padrão de inervação na região de corno pulpar de algumas amostras com reabsorção radicular avançada. Em algumas amostras, a densidade geral de inervação diminuiu enquanto em outras aparecia muito densa, porém fragmentada. A análise estatística confirmou que não houve diferença significativa na densidade de inervação geral de acordo com o grau de reabsorção radicular, tanto na coroa da polpa como na região média da coroa (MONTEIRO *et al.*, 2009).

Quanto às células imunes, marcadas por LCA, foram observadas na polpa dentro do padrão de normalidade. Entretanto, em estágio de reabsorção radicular avançada,

a densidade de marcação aumentou. No que se refere à vascularização, a distribuição dos vasos sanguíneos foi semelhante à descrita em estudos anteriores, com numerosos capilares alinhados em torno da periferia da polpa e vasos maiores (arteríolas e vênulas) na região central da polpa. No entanto, nas amostras com mais de um terço de reabsorção radicular, já foi possível notar alterações vasculares como aumento da dimensão dos vasos e aumento no número de capilares. Embora esse efeito tenha sido observado, não foi considerado estatisticamente significativo (MONTEIRO *et al.*, 2009).

Esse foi o primeiro estudo que quantificou mudanças na densidade de inervação pulpar, acumulação de células imunes e vascularização em dentes sem cáries durante a reabsorção fisiológica. Embora mudanças tenham sido notadas, não foram estatisticamente significantes após análise quantitativa. Os autores concluíram que, dentro das limitações do estudo, parece que os dentes em reabsorção retêm as estruturas necessárias para a percepção da dor, cura e reparo (MONTEIRO *et al.*, 2009).

Já o estudo realizado por Rajan *et al.* (2014) buscou analisar as mudanças pulpares em dentes decíduos cariados em reabsorção radicular fisiológica através de análise imuno-histoquímica. Os autores utilizaram 53 molares decíduos cariados inferiores, obtidos de crianças com extração indicada. Os dentes foram categorizados de acordo com a profundidade da cárie (menor ou maior do que a metade da espessura da dentina) e também de acordo com o grau de reabsorção radicular (elementos com reabsorção fisiológica envolvendo menos de um terço, um terço a dois terços e mais de dois terços do comprimento da raiz). As amostras, após fixação específica, foram processadas para imunofluorescência indireta utilizando combinações de PGP 9.5, antígeno comum leucocitário CD45 e Aglutinina de *Ulex europaeus*, semelhante à metodologia utilizada por Monteiro *et al.* (2009).

Como resultado, a observação inicial dos dados quantitativos sugeriu que a inervação era maior em amostras com cáries que se estendiam mais que a metade da dentina, para dentes com reabsorção radicular envolvendo até dois terços do comprimento da raiz. Entretanto, a análise quantitativa revelou que não houve efeito significativo do grau de cárie (dois subgrupos) ou extensão da reabsorção (três subgrupos) na inervação. Ainda, demonstrou que a acumulação de células imunes era maior para os dentes com cárie envolvendo menos de metade da dentina e com menos de um terço de reabsorção radicular. Porém, também não houve significância

estatística. A análise da marcação de vasos foi excluída do estudo devido a falha na técnica de impregnação (RAJAN *et al.*, 2014).

Os autores concluíram que os resultados sugerem que mesmo que os molares decíduos estejam em processo de esfoliação, as alterações induzidas por cáries são comparáveis aos dentes sem reabsorção radicular fisiológica, retendo assim o potencial para a cicatrização e reparação pulpar (RAJAN *et al.*, 2014).

Suzuki *et al.*, (2015) analisaram, na Universidade de Odontologia de Valparaíso (Chile), como a inervação pulpar é afetada durante a reabsorção radicular fisiológica em decíduos. Eles utilizaram 44 caninos decíduos, livres de cárie, extraídos de crianças de 6 a 12 anos de idade. Os elementos dentais após extração foram fixados imediatamente em paraformaldeído tamponado a 4% e desmineralizados em EDTA por 3 meses. Os dentes foram divididos em três estágios de reabsorção: inicial (menos de 1/3 de reabsorção radicular), intermediário (com 1/3 a 2/3 de reabsorção radicular) e avançado (mais de 2/3 de reabsorção radicular, porém com remanescente radicular de 1 a 2 mm). As amostras desmineralizadas foram crioprotegidas em 30% de sacarose e congeladas. Foram realizadas criosecções longitudinais no plano sagital dos caninos, com espessura de 20 ou 50 μm .

Nesse estudo, os cortes foram montados em lâminas de microscópio e várias imunomarcações foram realizadas: anticorpos contra o neurofilamento axonal (NF-200), para marcação de fibra nervosa; proteína ácida fibrilante glial (GFAP) e proteína S100, que são expressas em células de Schwann; proteína básica de mielina (MBP) como marcador de mielina; proteína associada a crescimento 43 (GAP-43), que funciona como um fator de orientação axonal; fosfo-histona 3 (PH3), um marcador de proliferação celular; marcadores de atividade autofágica (LC3, rotulagem de autofagossomos, LAMP2, marcação de lisossomos); e marcadores de células imunocompetentes (HLA-DR, marcando células dendríticas; CD83, um marcador para células dendríticas maduras; CD45, um marcador de leucócitos comum; e, CD68, um marcador de macrófagos) (SUZUKI *et al.*, 2015).

Como resultado desse estudo, com a marcação de NF-200 foi possível observar que, durante os estágios iniciais da reabsorção radicular fisiológica, a organização da polpa dental apresentou uma rede nervosa periférica bem desenvolvida. Já no estágio intermediário de reabsorção, as fibras nervosas periféricas do plexo de Raschkow tornaram-se ligeiramente reduzidas, com a fragmentação evidente de neurofilamentos. No grupo de dentes com reabsorção radicular avançadas foi

observada uma grande redução da imunorreatividade do neurofilamento na interface polpa-dentina e restos parcialmente fragmentados de fibras nervosas. Esses fragmentos de fibras nervosas foram observados como acumulações em forma de esferas (SUZUKI *et al.*, 2015).

Os axônios mielinizados, marcados pela S100 e PBM, foram dispostos dentro da polpa dental radicular em fascículos de fibras nervosas e espalhados na polpa coronal, no plexo de Rachkow. A desmielinização progressiva dos axônios mielinizados foi evidente durante a progressão da reabsorção radicular fisiológica. No estágio intermediário, os detritos de mielina estavam acumulados no citoplasma alargado das células de Schwann, que apresentavam uma lâmina basal bem preservada, cercada por fibras de colágeno (SUZUKI *et al.*, 2015).

A marcação por GFAP e PH3 em células de Schwann mostrou-se evidente no estágio inicial e intermediário de reabsorção radicular, sugerindo atividade celular e proliferação para apoiar a remodelação da rede nervosa periférica. O GAP-43, que é geralmente expresso em axônios regeneradores e desempenha um papel de orientação na regeneração dos nervos lesionados, foi detectado em estágios iniciais e foi fortemente expresso em feixes de fibras durante os estágios intermediários de reabsorção radicular. Essa marcação confirma a expressão de fatores neurotróficos específicos que promovem a orientação para brotos de axônios. Já os outros marcadores, relacionados à presença de células imunes, tiveram sua marcação acentuada conforme aumentava o estágio de reabsorção radicular, ou seja, conforme a degradação de fibras nervosas aumentava (SUZUKI *et al.*, 2015).

Os dados demonstrados por esse estudo revelam que a degeneração axonal caracteriza a deservação progressiva da polpa dental em dentes caninos decíduos humanos, que ocorre durante o progresso fisiológico da reabsorção radicular. A sequência de eventos principais que caracterizam esse evento ocorrem de acordo com a degeneração Walleriana. Após uma lesão inicial da fibra nervosa, os axônios distais à lesão sofrem uma sequência temporariamente degenerativa, caracterizada pela degradação inicial do citoesqueleto axonal e uma ativação robusta de células de Schwann que se desdiferenciam, removem a mielina e estimulam o recrutamento de macrófagos e linfócitos (SUZUKI *et al.*, 2015).

Com a marcação de atividade autofágica, foi possível observar nesse estudo a formação de detritos de mielina que são fagocitados pelas células de Schwann, após a desmielinização dos axônios, demonstrando a atividade autofágica dessas células.

Foi observado também que, após a degradação de mielina, as células de Schwann aumentam a expressão de MHC classe II, que é responsável por parte do recrutamento de células inflamatórias. Além disso, os próprios detritos de mielina também promovem o recrutamento de macrófagos e leucócitos que medeiam a depuração de detritos de tecido (SUZUKI *et al.*, 2015).

Os autores concluíram que, com a degeneração axonal dos nervos da polpa dentária como um processo degenerativo similar à Walleriana, correlacionado com a progressão da reabsorção radicular fisiológica nos dentes decíduos, a fragmentação precoce de neurofilamentos associados à degradação de mielina e perda progressiva de axônios pode levar a uma redução na função sensorial da polpa dental em estágios pré-esfoliativos. Ainda, esses resultados sugerem que a polpa dental dos dentes decíduos mantém sua capacidade de defesa e regeneração durante a progressão da reabsorção radicular até estágios avançados, o que deve ser considerado nas decisões clínicas para o tratamento adequado da dor e para que as medidas terapêuticas no campo da odontologia pediátrica alcancem a preservação dos dentes decíduos com procedimentos conservadores (SUZUKI *et al.*, 2015).

5 DISCUSSÃO

O desenvolvimento da tecnologia, juntamente com a busca por terapias regenerativas, despertou ainda mais o interesse da comunidade científica pelo mecanismo de desenvolvimento da polpa dental, visto que, o conhecimento do início, função, manutenção e degradação dos tecidos é fundamental para as pesquisas que tentam reproduzir o tecido a partir de células de origem embrionária (RAJAN *et al.*, 2014).

Os estudos realizados para compreender o desenvolvimento da inervação em correlação com o estágio de desenvolvimento dental (KATCHUBURIAN; ARANA, 1999; MOHAMMED; ATKINSON, 1983) e também correlacionado ao período embrionário (ZMIJEWSKA *et al.*, 2003) elucidaram boa parte do mecanismo de inervação pulpar em dentes decíduos, como o momento de entrada do nervo na papila dental, que ocorre no final da fase de botão (MOHAMMED; ATKINSON, 1983), em torno da 16ª semana de vida intrauterina (ZMIJEWSKA *et al.*, 2003).

Entretanto, a influência da inervação no desenvolvimento dental permanece sem grandes esclarecimentos. De acordo com estudos de recombinação tecidual, a morfogênese e diferenciação dental, após iniciadas, continuam mesmo sem a presença do sistema nervoso (LUMDSEN; BUCHANAN, 1986). Porém, o progresso na formação da coroa foi associado a um desenvolvimento significativo na inervação dentária (ZMIJEWSKA *et al.*, 2003) bem como sabe-se que o momento da entrada da inervação na polpa coincide com a secreção de matriz mineral, indicando que há interação entre os eventos (MOHAMMED; ATKINSON 1983; FRIED *et al.*, 2000). O possível efeito inibitório da inervação na formação de um número maior de dentes, mencionado no estudo de Lumdsen e Buchanan (1986) não foi pesquisado em estudos posteriores.

A inervação pulpar, tanto em dentes decíduos quanto em permanentes, termina seu desenvolvimento após a erupção, com a completa formação da raiz e fechamento do ápice radicular (JOHNSEN *et al.*, 1983; JOHNSEN, 1985; FRIED *et al.*, 2000), o que influencia fortemente na redução de sensibilidade em dentes recém-irrompidos (JOHNSEN *et al.*, 1983; HILDEBRAND *et al.*, 1995) e, portanto, com rizogênese ainda incompleta. Ainda, há alterações significativas pós-eruptivas no número de axônios mielinizados, responsáveis pela percepção de dor e sensibilidade (JOHNSEN *et al.*,

1983), o que pode contribuir com as diferenças na percepção dolorosa de acordo com o estágio de desenvolvimento do dente após a sua erupção.

Os estudos abordados por essa revisão parecem concordar com o padrão de distribuição dos feixes nervosos na polpa de dentes decíduos, em que os feixes de fibras nervosas, alguns em associação com vasos sanguíneos e outros não, entram paralelos pelo forame e assim seguem, até que formam uma rede próximo à dentina, denominada plexo de Rashkow (plexo subodontoblástico), adjacente à zona rica em células. Algumas fibras atravessam a zona rica e a zona livre de células e terminam entre os odontoblastos. Além disso, a região mais ricamente inervada é a região de corno pulpar (RAPP *et al.*, 1967; KARLSSON; JOHNSEN; HERMAN, 1974; ITOH, 1976; JOHNSEN, 1985; EGAN *et al.*, 1996; MONTEIRO *et al.*, 2009).

Já em comparação com dentes permanentes, os estudos incluídos nesta revisão corroboram com o fato de haver diferenças no tamanho e na forma dos axônios (ITOH, 1976). Foram observados axônios menores em dentes decíduos (JOHNSEN; KARLSONN, 1974; ITOH, 1976; RODD; BOISSONADE, 2001) e com forma mais arredonda do que nos dentes permanentes (JOHNSEN; KARLSONN, 1974), enquanto que a distribuição e a circunferência dos axônios mostraram-se semelhantes em ambas as dentições (JOHNSEN; KARLSONN, 1974; ITOH, 1976; JOHNSEN; JOHNS, 1978), embora Rodd e Boissonade, em 2001, tenham observado uma maior densidade de fibras nervosas no corno pulpar e no plexo de Rashkow de dentes permanentes.

Quanto à quantidade de fibras, foram encontradas mais fibras não-mielinizadas do que mielinizadas em ambas as dentições (ITOH, 1976; JOHNSEN; JOHNS, 1978). Porém, foi observada uma maior quantidade de fibras mielinizadas em dentes permanentes do que em decíduos (JOHNSEN; JOHNS, 1978).

Com relação à inervação dentinária, um tema controverso para ambas as dentições, os estudos não são conclusivos. A inervação dentinária poderia explicar o fenômeno da sensibilidade através da dentina. Atualmente, devido à falta de comprovação científica da presença de feixes nervosos em dentina, a teoria mais aceita é a de Brannstrom (1966), que relata que, quando um estímulo é aplicado na dentina, ocorre o deslocamento de fluido dentro dos túbulos. O movimento do fluido dentinário, em direção à polpa ou em sentido contrário, promove uma deformação mecânica das fibras nervosas que estão na interface polpa/dentina e desencadeiam o estímulo sensorial de dor. Nesta revisão, Rapp *et al.* (1967) não encontraram

evidências de feixes nervosos na dentina de dentes decíduos, enquanto que Egan *et al.* (1996) observaram a dentina sendo inervada tanto em elementos dentais decíduos e permanentes, sendo que, em dentes decíduos, além de ter constatado que a área mais densamente inervada é a região cervical da coroa, a porção de dentina radicular também apresentou feixes nervosos.

Apesar do padrão de inervação geral diferir entre as duas dentições (JOHNSEN; KARLSONN, 1974; ITOH, 1976; JHONSEN; JOHNS, 1978; EGAN *et al.*, 1996; RODD; BOISSONADE, 2001), a inervação vascular parece ser muito semelhante (RODD; BOISSONADE, 2003). É possível que as fibras neurovasculares, amplamente autonômicas, possam estar sujeitas a diferentes mecanismos de controle do desenvolvimento do que as fibras predominantemente sensoriais que inervam o próprio tecido pulpar (RODD; BOISSONADE, 2003).

Por outro lado, do ponto de vista patológico, embora a prevalência da doença cárie em dentes decíduos ainda seja elevada, há poucos estudos que abordam a repercussão em sua polpa e consequente inervação. Rodd e Boissonade (2001) demonstraram que há um aumento na arborização na região de corno pulpar em ambas as dentições com o avanço da cárie. Já Rajan *et al.*, (2014) demonstraram que não há diferença significativa nesse aumento de ramificações de acordo com a progressão da cárie ou com a presença de reabsorção radicular fisiológica.

Atualmente, o foco das pesquisas relacionadas à inervação pulpar em dentes decíduos consiste na investigação dos eventos que ocorrem durante a reabsorção radicular fisiológica (MONTEIRO *et al.*, 2009; RAJAN *et al.*, 2015; SUZUKI *et al.*, 2015).

Neste sentido, Karlsson, Johnsen e Herman (1974) encontraram indícios de que a degeneração em axônios mielinizados se dá logo no início da reabsorção radicular fisiológica e o estudo realizado por Fried e Hildebrandt (1981) observou pequenas alterações nas fibras mielinizadas, enquanto outros estudos (RAPP *et al.*, 1967; SUZUKI *et al.*, 2015,) encontraram modificações nessas fibras somente em um estágio mais intermediário da reabsorção. Os estudos presentes nesta revisão concordam que a degeneração neural progride com o avanço da reabsorção radicular (RAPP *et al.*, 1967, KARLSSON; JOHNSEN; HERMAN, 1974) e se dá através de degeneração Walleriana, onde os axônios sofrem degeneração progressiva e perda da bainha de mielina, que é armazenada em vacúolos (KARLSSON; JOHNSEN;

HERMAN, 1974; FRIED; HILDEBRANDT, 1981, MONTEIRO *et al.*, 2009, RAJAN *et al.*, 2014, SUZUKI *et al.*, 2015).

Um ponto levantado por esta revisão é o relato clínico de que dentes decíduos aparentam ser menos sensíveis que dentes permanentes (RAPP *et al.*, 1967; ITOH, 1976; EGAN *et al.*, 1996; RODD; BOISSONADE, 2001), porém sabe-se da dificuldade de afirmar que realmente há uma menor sensibilidade em dentes decíduos pois a sensação de dor é subjetiva e os pacientes são crianças, as quais muitas vezes, devido à pouca idade, não sabem interpretar ou relatar exatamente o que sentem.

Entretanto, algumas observações histológicas corroboram e podem explicar esse achado clínico, como por exemplo a menor proporção de fibras mielinizadas em dentes decíduos comparados a permanentes (RAPP *et al.*, 1967; ITOH, 1976, JOHNSEN; JOHNS, 1978, RODD; BOISSONADE, 2001) e axônios menores em dentes decíduos (JOHNSEN; KARLSSON, 1974; ITOH, 1976; RODD; BOISSONADE, 2001), levando à hipótese de que os dentes permanentes podem ter um maior potencial de condução de potenciais de ação, refletindo em uma maior percepção de dor aguda. Além disso, durante a reabsorção radicular, ocorre uma redução no número de fibras nervosas (RAPP *et al.*, 1967, FRIED; HILDEBRANDT, 1981; MONTEIRO *et al.*, 2009, SUZUKI *et al.*, 2015), o que provavelmente pode afetar sua capacidade de transmitir impulsos nervosos e de perceber a dor (RAPP *et al.*, 1967).

Porém, como já mencionado, as questões não respondidas de possíveis diferenças nos mecanismos de recepção e a interpretação dos impulsos como dolorosos pela criança em comparação com o adulto, colocam limites em discussões adicionais sobre comparações de sensibilidade (DONALD, 2009).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inervação pulpar em dentes decíduos é um tema pouco estudado, embora sejam encontrados trabalhos consistentes sobre o tema, ainda há muitos mecanismos que não estão completamente esclarecidos, tanto em seu início e desenvolvimento quanto em sua regressão.

Entretanto, certos pontos estão bem consolidados, como por exemplo o período em que o germe dental é innervado, o avanço dos feixes nervosos durante o período pré-natal e a distribuição nervosa. A comparação com dentes permanentes, embora grande parte dos estudos não encontre diferenças significativas, também está elucidada, salvo a possibilidade da inervação dentinária, tanto em permanentes quanto em decíduos.

A busca pelo conhecimento sobre o mecanismo de degradação ou involução da inervação pulpar em elementos dentais decíduos é que parece caminhar a passos largos, devido ao interesse no completo ciclo biológico dos nervos para possíveis aplicações em terapias pulpares regenerativas.

Paralelo ao tema desta revisão, observou-se a necessidade de mais estudos sobre o processo inflamatório e necrose pulpar em dentes decíduos, com repercussão na inervação desse tecido, para correta abordagem clínica, devido à importância da manutenção de dentes decíduos.

Além disso, ficou demonstrado que o conhecimento sobre a inervação pode confirmar hipóteses relatadas sobre a diferença entre dentes permanentes e decíduos em manifestações clínicas.

Por fim, esta revisão trouxe o que atualmente é aceito e discutido sobre a inervação pulpar em dentes decíduos e demonstrou a necessidade de novos estudos com técnicas inovadoras para que se esclareça de fato toda trajetória do nervo pulpar.

REFERÊNCIAS

BERNICK, Sol. Innervation of the primary tooth and surrounding supporting tissues of monkeys. **Anat. Rec.**, [s.l.], v. 113, n. 2, p.215-237, jun. 1952

BRENAN, Andrew. Innervation of the dental pulp during tooth succession in the cat. **Brain Research**, [s.l.], v. 382, n. 2, p.250-256, set. 1986.

BYERS, M. R. Dental sensory receptors. **Int. Rev. Neurobiol.**, [s.l.], v. 25, p. 39-94, 1984.

BYERS, M.R. Effects of inflammation on dental sensory nerves and vice versa. **Proc. Finn. Dent. Soc.**,[s.l.], v. 88, n. 1, p. 499-506, fev. 1992.

DONALD, C. Y. Dental Pulp Neurophysiology: Part 1. Clinical and Diagnostic Implications. **J. Can. Dent. Assoc.**, [s.l.], v. 75, n. 1, p. 55-59, fev. 2009.

EGAN, C.A., BISHOP, M.A., HECTOR, M.P. An immunohistochemical study of the pulpal nerve supply in primary human teeth: evidence for the innervation of deciduous dentine. **J. Anat.**, [s.l.], v. 188, n. 3, p. 623-631, jul. 1996.

FRIED, K.; HILDEBRAND, C.. Developmental growth and degeneration of pulpal axons in feline primary incisors. **The Journal Of Comparative Neurology**, [s.l.], v. 203, n. 1, p.37-51, 20 nov. 1981.

FRIED, K. *et al.*,. Molecular Signaling and Pulpal Nerve Development. **Critical Reviews In Oral Biology & Medicine**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.318-332, 1 jan. 2000

FOSTER, E.; ROBINSON, P.p.. A study of branched pulpal axons in ferrets with supplemental teeth. **Archives Of Oral Biology**, [s.l.], v. 39, n. 11, p.1003-1005, nov. 1994.

FUJIYAMA, K. *et al.*, Denervation Resulting in Dento-Alveolar Ankylosis Associated with Decreased Malassez Epithelium. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 83, n. 8, p.625-629, 1 ago. 2004.

GAUDET, A. D.; POPOVICH, P.G.; RAMER, M.S. Wallerian degeneration: gaining perspective on inflammatory events after peripheral nerve injury. **Journal Of Neuroinflammation**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.110-121, 2011.

HAUG, S.R.; HEYERAAS, K.J.. Modulation of Dental Inflammation by the Sympathetic Nervous System. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 85, n. 6, p.488-495, 1 jun. 2006.

HILDEBRAND, C. *et al.*, Teeth and tooth nerves. **Progress In Neurobiology**, [s.l.], v. 45, n. 3, p.165-222, fev. 1995.

HONG, Dung; BYERS, Margaret R.; OSWALD, Robert J. Dexamethasone treatment reduces sensory neuropeptides and nerve sprouting reactions in injured teeth. **Pain**, [s.l.], v. 55, n. 2, p.171-181, nov. 1993.

JHONSEN, D., JOHNS, S. Quantitation of nerve fibres in the primary and permanente canine and incisor teeth in man. **Arch. Oral. Biol.**, [s.l.], v. 23, n. 9, p. 825–829, set. 1978.

JOHNSEN, D. C.. Session III: Innervation of the Dentin, Predentin, and Pulp -- H.O. Trowbridge, Chairman. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 64, n. 4, p.555-563, 1 abr. 1985.

JOHNSEN, D. C.; HARSHBARGER, J.; RYMER, H. D.. Quantitative assessment of neural development in human premolars. **Anat. Rec.**, [s.l.], v. 205, n. 4, p.421-429, abr. 1983.

JOHNSEN, D.C.; KARLSSON, U.L. Electron microscopic quantitations of feline primary and permanent incisor innervation. **Archives Of Oral Biology**, [s.l.], v. 19, n. 8, p.671-678, ago. 1974.

KARLSSON, U. L.; JOHNSON, D. C.; HERMAN, A. M. Early Degenerative Nerve Alterations in Feline Resorbing Deciduous Incisors as Observed by Electron Microscopy. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 53, n. 6, p.1428-1431, nov. 1974.

KOLLAR, E. J., LUMDSEN A. G. Tooth morphogenesis: the role of the innervation during induction and pattern formation. **Journal de biologie buccale**, [s.l.], v. 7, n.1, p. 49-60, abr. 1979

LUMDSEN, A. G.; BUCHANAN J. A.; An experimental study of timing and topography of early tooth development in the mouse embryo with an analysis of the role of innervation. **Archives Of Oral Biology**, [s.l.], v. 31, n. 5, p. 301-311, 1986.

LUUKKO, K. Immunohistochemical localization of nerve fibres during development of embryonic rat molar using peripherin and protein gene product 9.5 antibodies. **Archives Of Oral Biology**, [s.l.], v. 42, n. 3, p.189-195, mar. 1997.

MOHAMED, S.S., ATKINSON, M.E. A histological study of the innervation of developing mouse teeth. **Journal of Anatomy**, [s.l.], v.136, p. 735–749, jul. 1983.

MONTEIRO, J. *et al.* Pulpal status of human primary teeth with physiological root resorption. **International Journal Of Paediatric Dentistry**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.16-25, jan. 2009.

MOORREES, C. F. A.; FANNING, E. A.; HUNT, Edward E.. Formation and resorption of three deciduous teeth in children. **Am. J. Phys. Anthropol.**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.205-213, jun. 1963.

PLACKOVA, A.. Pathologic Changes in the Innervation of the Dental Pulp During the Carious Process. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 45, n. 1, p.62-65, 1 jan.

RAJAN, S. *et al.*,. Pulpal status of human primary molars with coexisting caries and physiological root resorption. **International Journal Of Paediatric Dentistry**, [s.l.], v. 24, n. 4, p.268-276, 17 out. 2013.

RAPP, R.; AVERY, J K.; STRACHAN, D. S.. The distribution of nerves in human primary teeth. **Anat. Rec.**, [s.l.], v. 159, n. 1, p.89-103, set. 1967.

RODD, H.D; BOISSONADE, F.M. Innervation of Human Tooth Pulp in Relation to Caries and Dentition Type. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 80, n. 1, p.389-393, jan. 2001

RODD, H. D.; BOISSONADE, F. M.. Comparative immunohistochemical analysis of the peptidergic innervation of human primary and permanent tooth pulp. **Archives Of Oral Biology**, [s.l.], v. 47, n. 5, p.375-385, maio 2002.

RODD, H. D.; BOISSONADE, F M.. Immunocytochemical investigation of neurovascular relationships in human tooth pulp. **Journal Of Anatomy**, [s.l.], v. 202, n. 2, p.195-203, fev. 2003

SALZBERG, B. M. New Approaches to the Neurophysiology of the Dental Pulp. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 64, n. 4, p.597-601, abr. 1985. SAGE Publications.

SLACK, J. M. W. Embryonic induction. **Mech. Dev.**, [s.l.], v. 41, p.91-107, 1993.

SUZUKI, K. *et al.*,. Axonal Degeneration in Dental Pulp Precedes Human Primary Teeth Exfoliation. **Journal Of Dental Research**, [s.l.], v. 94, n. 10, p.1446-1453, 6 jul. 2015.

TORNECK, C. D.. Changes in the Fine Structure of the Human Dental Pulp Subsequent to Carious Exposure. **J Oral Pathol Med**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.82-95, mar. 1977.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 17 dias do mês de outubro de 2017, às 17:30 horas,
em sessão pública no (a) auditoria desta Universidade, na presença da
Banca Examinadora presidida pelo Professor

Mabel Marula Rodolpho Cordino

e pelos examinadores:

1 - Cordino Barcellos

2 - Ricardo Forzer

o aluno Paula Cristina da Silva

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado:

Inervação pulpar em dentes decíduos - do odontogênese
a neuropatia radicular fisiológica - uma revisão de literatura

como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela aprovação do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.

Mabel Marula Rodolpho Cordino

Presidente da Banca Examinadora

Ricardo Forzer

Examinador 1

Carolina A. Barzillas Silva

Examinador 2

Paula Cristina da Silva

Aluno